

ANALISIS SISTEM GETARAN PAKSA SATU DERAJAT KEBEBASAN PADA ALAT PENERING TIPE RAK

La Ode Mohammad Firman¹, I Gede Eka Lesmana², Daud Heru³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila
Jalan Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan
No. Telp: 085215423797, E-mail: button_island@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem getaran dari alat pengering tipe rak ini yang paling mendekati kondisi resonansi guna melompatkan dan membalikkan briket arang sehingga akan meningkatkan efektifitas pengeringan briket arang dengan menggunakan alat pengering tipe rak. Getaran yang terjadi pada rak pengering disebabkan oleh ketidakseimbangan rotasi karena adanya eksitasi yang berasal dari massa eksentrik yang berotasi bersama poros yang dihubungkan dengan motor listrik mengakibatkan gerakan osilasi naik-turun pada rak pengering, sehingga dapat dikatakan bahwa sistem getaran tersebut adalah getaran paksa dengan satu derajat kebebasan dalam arah vertikal.

Briket arang umumnya dikeringkan dengan dijemur dibawah sinar matahari atau dengan menggunakan alat pengering. Proses pengeringan briket arang akan menghasilkan pengeringan yang kurang merata akibat dari menempelnya briket arang tersebut dengan briket arang lainnya ataupun dengan raknya, sehingga udara pengering tidak mengenai seluruh permukaannya. Oleh karena itu briket arang perlu untuk dibalikkan pada saat proses pengeringannya agar seluruh permukaannya terkena udara pengering secara merata. Untuk memudahkan dan mempercepat proses membalikkan briket arang tersebut, maka pada alat pengering tipe rak ini ditambahkan sistem penggetar yang berfungsi melompatkan dan membalikkan briket arang tanpa perlu membalikkannya secara manual.

Setelah dilakukan analisis terhadap sistem getaran pada alat pengering tipe rak ini, hasilnya menunjukkan bahwa sistem getaran yang paling mendekati kondisi resonansi adalah pada saat beban briket arang seberat 10 kg, beban keseluruhan (beban konstruksi rak pengering dan beban briket arang, M) seberat 45,6 kg, massa eksentrik (m) seberat 0,3 kg dengan eksentrisitas (e) 0,0535 m, putaran motor (n) 200 rpm, dan nilai amplitudo resonansi (MX/me) sebesar 2.561723.

Kata Kunci: getaran, resonansi, pengeringan, briket arang

Abstract

The aim of this research is to find out the vibration system of the tray dryer that close to the resonance state to make the charcoal briquette jump so that will increase the drying effectiveness of the tray dryer. Vibration that occur in tray dryer caused by rotational unbalance due to the excitation from eccentric mass that rotating along with shaft which connected to the electric motor causing the oscillation motion of the tray dryer, so it can be called as a vibration system with forced vibration with one degree of freedom.

Charcoal briquettes are generally dried under the sunlight or by using a dryer. The drying process of charcoal briquettes will result in uneven drying resulting because of the charcoal briquettes are stick with other charcoal briquettes or with the cabinet, so that the drying air does not affect the entire surface of charcoal briquettes. Therefore charcoal briquettes need to be flipped during the drying process so that the entire surface is exposed to the dryer air. To facilitate and accelerate the process of flipping the charcoal briquettes, then on the dryer is added a vibrating system that functions to jump and flip charcoal briquettes without the need to flip it manually.

After analyzing the dryer vibration system, the result shows that the vibration system that produces vibration close to the resonance state is obtained under the conditions of a 10kg charcoal briquette load, the overall load (dryer tray construction load and charcoal briquette load, M) is 45,5 kg, eccentric mass (m) 0,3 kg, with eccentricity(e) 0,0535 m, motor rotation (n) 200 rpm, and the value of resonance amplitude (MX/me) is 2,561723.

Keywords: vibration, resonance, drying, charcoal briquette

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Getaran yang terjadi pada suatu sistem umumnya menimbulkan efek yang tidak dikehendaki, seperti ketidaknyamanan, ketidaktepatan dalam pengukuran atau rusaknya komponen-komponen pada sistem

tersebut. Di sisi lain, getaran juga dapat dimanfaatkan untuk tujuan tertentu, seperti memberikan getaran pada alat pengering briket arang untuk meningkatkan efisiensi pengeringan.

Penelitian yang dilakukan oleh Eko Teguh Ari Prasetyo dengan judul “Dampak Penggunaan Penggetar Terhadap Performansi Alat Pengering Tipe Efek Rumah Kaca”. Menyatakan bahwa dengan menggunakan penggetar, efisiensi pengeringan yang didapat pada penelitian ini mencapai 8,61 – 14,53% dengan beban kakao 76 – 139,9 kg. Sedangkan bila tidak menggunakan penggetar, efisiensi pengeringan yang didapat adalah 5 – 9% dengan beban kakao 70 – 115 kg.[4]

Proses pengeringan briket arang dengan alat pengering sangat tidak efektif karena memerlukan waktu yang cukup lama, membutuhkan operator tambahan untuk membalikkan briket arang tiap selang waktu tertentu, serta akan banyak kehilangan panas (*heat loss*) saat harus buka-tutup alat pengering agar dapat membalikkan briket arang. Oleh karena itu perlu ditambahkan sistem penggetar pada alat pengering tipe rak, agar briket arang dapat melompat didalam rak sehingga memisahkan briket arang yang melekat dalam tumpukan, baik dengan briket arang lainnya maupun dengan rak. Sehingga akan mempercepat proses pengeringan dan meratakan kontak udara pengering dengan seluruh permukaan briket arang yang bertumpuk pada rak pengering. Getaran yang terjadi pada rak pengering disebabkan oleh ketidakseimbangan rotasi karena adanya eksitasi yang berasal dari massa eksentrik yang berotasi bersama poros yang dihubungkan dengan motor listrik mengakibatkan gerakan osilasi naik-turun (gerak translasi vertikal) pada rak pengering yang bertumpu pada 4 pegas.

Penelitian yang dilakukan oleh La Ode Mohammad Firman dengan judul “Pengaruh Getaran dan Energi Panas pada Alat Pengering Surya GHE Tipe Kabinet”. Menyatakan bahwa percobaan dengan beban rak $M = 20$ kg diperoleh bahwa kondisi komoditi yang berada di atas rak sudah dapat lompat pada saat getaran mendekati resonansi yakni terjadi pada $r = 0,96$, putaran $n = 475$ rpm dan massa eksentrik sebesar $m = 0,2$ kg serta nilai $MX/me = 5$. [2]

Pada makalah ini akan diteliti mengenai kondisi sistem getaran pada beberapa variasi beban briket arang, pengaruh massa eksentrik terhadap nilai amplitudo resonansi sistem getaran, serta sistem getaran yang paling mendekati kondisi resonansi agar dapat melompatkan dan membalikkan briket arang didalam rak pengering pada alat pengering tipe rak.

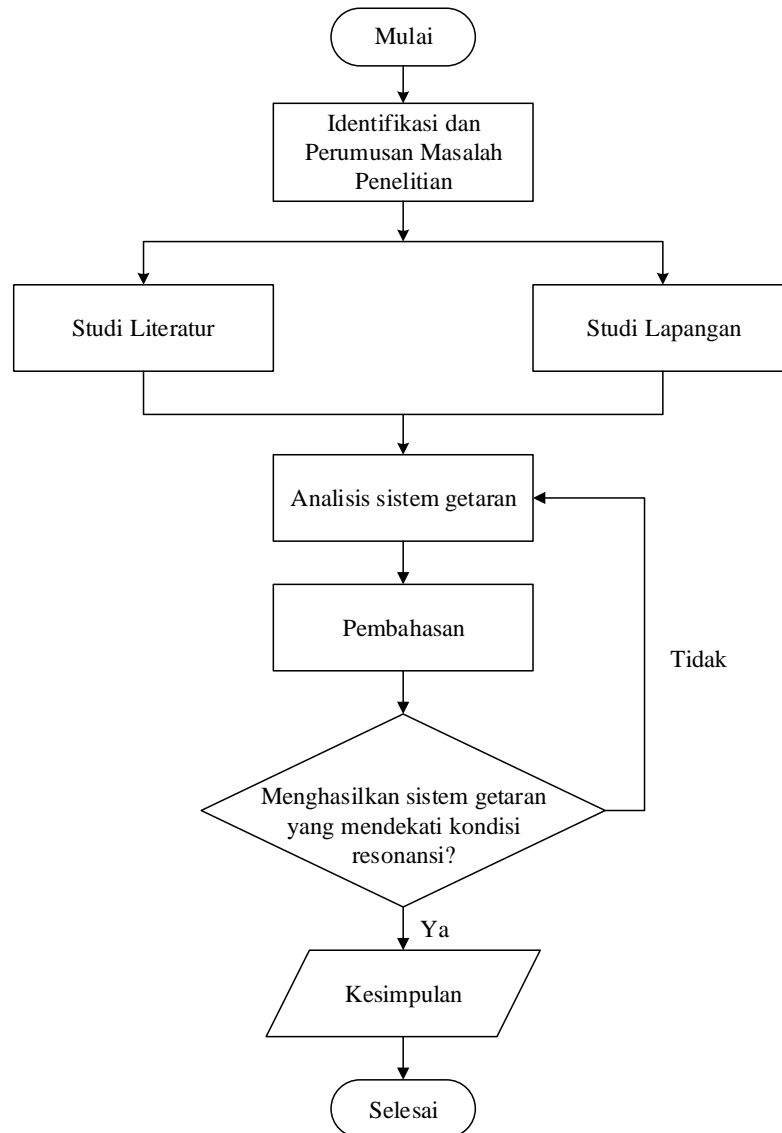
1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menganalisis kondisi sistem getaran pada saat beban briket arang seberat 10 kg, 20 kg, 30 kg, dan 40 kg.
- Menganalisis pengaruh variasi massa eksentrik seberat 0,3 kg, 0,6 kg, dan 0,9 kg terhadap nilai amplitudo resonansi sistem getaran.
- Menganalisis sistem getaran yang paling mendekati kondisi resonansi.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan analisis sistem getaran, sehingga dapat diketahui kondisi sistem getaran pada beberapa variasi beban briket arang, pengaruh variasi beban massa eksentrik terhadap nilai amplitudo resonansi sistem getaran, serta pengaturan sistem getaran yang paling mendekati kondisi resonansi. Tahapan penelitian yang dilakukan tergambar secara sistematis dalam diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar.1 Diagram Alir Penelitian

a. Identifikasi dan Perumusan Masalah Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah dengan mengidentifikasi dan merumuskan masalah dari penelitian ini. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada beberapa alat pengering briket arang yang telah ada, proses pengeringannya menghasilkan pengeringan yang kurang merata akibat dari udara pengering yang tidak mengenai seluruh permukaannya dikarenakan menempelnya briket arang satu dengan yang lainnya ataupun dengan raknya. Oleh karena itu briket arang perlu untuk dibalikkan pada saat proses pengeringannya agar seluruh permukaannya terkena udara pengering, sehingga seluruh briket arang dalam alat pengering akan kering merata. Untuk memudahkan dan mempercepat proses membalikkan tersebut, maka perlu penggunaan sistem penggetar pada alat pengering yang berfungsi melompatkan dan membalikkan briket arang tanpa perlu membalikkannya secara manual.

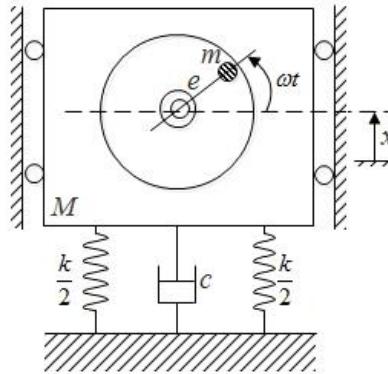
b. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Tahap kedua dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur dengan mempelajari mengenai gaya eksitasi yang dapat menimbulkan getaran. Sedangkan pada tahap studi lapangan yang dilakukan adalah mengamati dan mempelajari sistem penggetar pada alat pengering tipe rak. Getaran yang terjadi pada rak pengering disebabkan oleh ketidakseimbangan rotasi karena adanya eksitasi yang berasal dari massa eksentrik yang berotasi bersama poros yang dihubungkan dengan motor listrik mengakibatkan gerakan osilasi naik-turun (gerak translasi arah vertikal) pada rak pengering.

Pada sistem getaran paksa, berarti ada gaya gangguan pada sistem yang berasal dari luar.[3] Gaya luar tersebut dapat berupa gaya eksitasi harmonik paksa yang diperoleh dari ketidakseimbangan yang berputar dan dibatasi untuk bergerak dalam arah vertikal identik dengan persamaan[5]:

$$X = \frac{F_o}{\sqrt{(k - M\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Dengan gaya luar (F_o) disubstitusikan oleh $me\omega^2$, sehingga menjadi[5]:



Gambar.2 Ketidakseimbangan yang berputar[5]

$$X = \frac{me\omega^2}{\sqrt{(k - M\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad \text{[Persamaan.2]}$$

Suatu elemen massa yang tidak berputar (M) yang ditopang pegas dengan kekakuan linear sebesar k , akan di dapat frekuensi natural sistem dengan persamaan sebagaimana berikut[1]:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

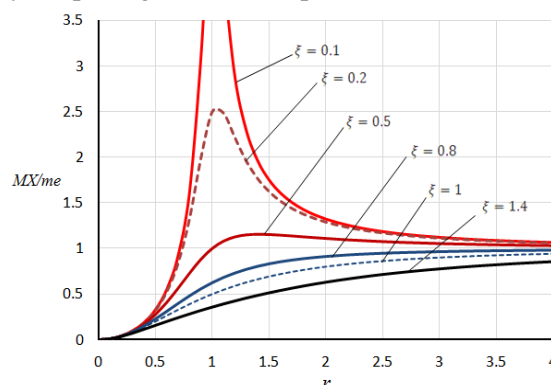
Peningkatan nilai konstanta pegas dapat menyebabkan menurunnya nilai amplitudo resonansi. "Persamaan.2" akan dinyatakan dalam bentuk nondimensional untuk memungkinkan penampilan hasil-hasil ini dalam grafik yang ringkas, menjadi[5]:

$$\frac{MX}{me} = \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right]^2}} \quad \text{[Persamaan.4]}$$

$$r = \frac{\omega}{\omega_n} \quad \text{[Persamaan.5]}$$

Rasio frekuensi (r) merupakan perbandingan antara kecepatan sudut putar/frekuensi eksitasi (ω) dengan frekuensi natural (ω_n) sistem, yang mana jika perbandingan keduanya sama dengan 1 maka akan terjadi resonansi pada sistem tersebut.

Dengan mengambil x sebagai simpangan massa yang tidak berputar (M) dari posisi setimbang statik, maka amplitudo resonansinya dapat digambarkan seperti berikut ini[5]:



Gambar.3 Grafik perbandingan MX/me dengan r [5]

Grafik ini menunjukkan bahwa faktor redaman mempunyai pengaruh yang besar terhadap simpangan massa yang tidak berputar (M). Untuk nilai rasio frekuensi kurang dari 1 ($r < 1$), gaya inersia dan gaya redaman adalah kecil. Jadi besar gaya eksitasi (F_o) adalah hampir sama dengan gaya pegas. Untuk nilai rasio frekuensi sama dengan 1 ($r = 1$), gaya inersia dan gaya pegas pada keadaan ini lebih besar, sedangkan gaya eksitasi (F_o) mengatasi gaya redaman sehingga menghasilkan resonansi. Jika diimbangi dengan nilai MX/me yang besar juga maka resonansinya akan semakin hebat. Untuk nilai rasio frekuensi lebih dari 1 ($r > 1$), gaya eksitasi (F_o) dipakai hampir seluruhnya untuk mengatasi gaya inersia yang besar.

c. Analisis Sistem Getaran

Tahap ketiga dalam penelitian ini adalah menganalisis sistem getaran. Diawali dengan memasukkan parameter-parameter seperti kecepatan putar motor listrik, beban briket arang, beban rak pengering, dan beban massa eksentrik ke dalam sebuah tabel.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk kemudian dapat diketahui pengaturan kecepatan putar motor, beban briket arang dan beban massa eksentrik yang menghasilkan sistem getaran yang paling mendekati kondisi resonansi yang ditunjukkan melalui grafik perbandingan antara rasio frekuensi dengan amplitudo resonansi (MX/me).

d. Pembahasan

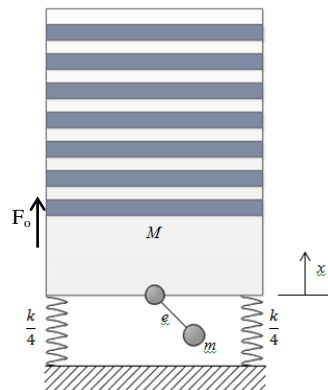
Tahap pembahasan ini bertujuan untuk membahas tabel dan grafik hasil dari analisis yang telah dilakukan.

e. Kesimpulan

Pada tahap terakhir ini merupakan proses untuk menarik kesimpulan atas apa yang dilakukan selama penelitian. Dasar pengambilan kesimpulan diantaranya adalah hasil analisis data dan pembahasan dari hasil data yang telah dikumpulkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem getaran pada rak pengering ini terdiri dari M yang merupakan massa keseluruhan sistem yang tidak bergetar (beban konstruksi rak pengering dan briket arang), m adalah massa eksentrik yang dipasang pada poros dengan eksentrisitas e , k adalah kekakuan/konstanta pegas yang digunakan dalam sistem getaran ini adalah 12262 N/m dan x adalah simpangan massa keseluruhan sistem yang tidak berputar. Motor listrik yang merotasi poros dengan kecepatan n yang akan menghasilkan kecepatan sudut putar/frekuensi eksitasi ω . Hasil dari beban massa eksentrik dengan eksentrisitas yang diputar oleh motor listrik akan menghasilkan gaya eksitasi F_o .



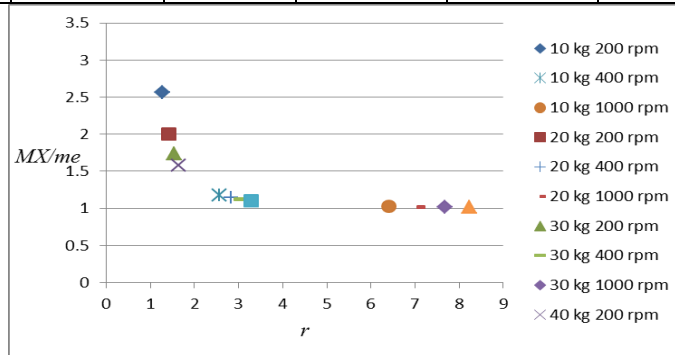
Gambar.4 Model sistem getaran

Analisis sistem getaran dibagi ke dalam 3 tabel berdasarkan beban massa eksentriknya, yaitu 0,3 kg, 0,6 kg, dan 0,9 kg. Tiap tabel terdiri dari 4 variasi beban briket arang, yaitu 10 kg, 20 kg, 30 kg, dan 40 kg dengan beban awal keseluruhan rak pengering yaitu 35,5 kg. Tiap beban briket arang akan divariasikan dengan 3 tingkat kecepatan putar motor yaitu 200 rpm, 400 rpm, dan 1000 rpm. Dari parameter-parameter yang telah ditentukan tersebut, kemudian akan didapatkan kecepatan sudut putar/frekuensi eksitasi dan frekuensi natural. Dari kecepatan sudut putar/frekuensi eksitasi dan frekuensi natural sistem didapatkan rasio frekuensi dan amplitudo resonansi.

a. Analisis Sistem Getaran dengan Massa Eksentrik seberat 0,3 kg

Tabel.1 Sistem getaran dengan massa eksentrik seberat 0,3 kg

Beban Keseluruhan [M] (kg)	Beban Briket Arang (kg)	Massa Eksentrik [m] (kg)	Putaran Motor [n] (RPM)	Kec. Sudut Putar [ω] (rad/s)	Frekuensi Natural [ω _n] (rad/s)	Rasio Frekuensi [r]	$\frac{MX}{me}$
45,5	10	0,3	200	20.93333	16.3446	1.280749	2.561723
		0,3	400	41.86667	16.3446	2.561498	1.179815
		0,3	1000	104.6667	16.3446	6.403746	1.024995
55,5	20	0,3	200	20.93333	14.8106	1.413395	2.002319
		0,3	400	41.86667	14.8106	2.826791	1.143046
		0,3	1000	104.6667	14.8106	7.066976	1.020432
65,5	30	0,3	200	20.93333	13.6407	1.534619	1.737978
		0,3	400	41.86667	13.6407	3.069237	1.118762
		0,3	1000	104.6667	13.6407	7.673093	1.017278
75,5	40	0,3	200	20.93333	12.7104	1.646943	1.583968
		0,3	400	41.86667	12.7104	3.293886	1.101526
		0,3	1000	104.6667	12.7104	8.234716	1.014968



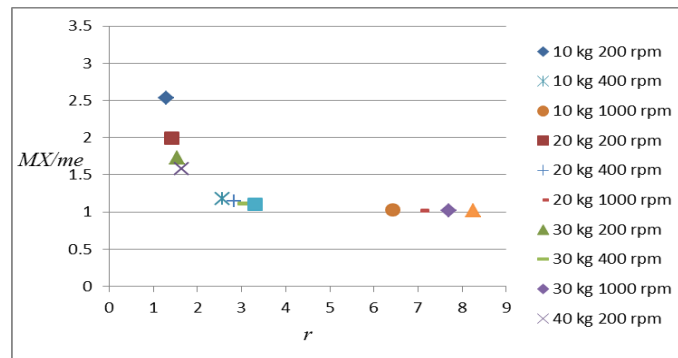
Gambar.5 Grafik hubungan antara amplitudo resonansi dengan rasio frekuensi

Dari grafik diatas diketahui bahwa kondisi yang mendekati keadaan resonansi atau nilai rasio frekuensi mendekati 1 adalah saat beban briket arang seberat 10 kg, putaran motor listrik 200 rpm, nilai amplitudo resonansi sebesar 2.588317, amplitudo sejauh 1,9 mm dengan gaya eksitasi 7,033 N.

b. Analisis Sistem Getaran dengan Massa Eksentrik seberat 0,6 kg

Tabel.2 Sistem getaran dengan massa eksentrik seberat 0,6 kg

Beban Keseluruhan [M] (kg)	Beban Briket Arang (kg)	Massa Eksentrik [m] (kg)	Putaran Motor [n] (RPM)	Kec. Sudut Putar [ω] (rad/s)	Frekuensi Natural [ω _n] (rad/s)	Rasio Frekuensi [r]	$\frac{MX}{me}$
45,5	10	0,6	200	20.93333	16.2914	1.284928	2.536005
		0,6	400	41.86667	16.2914	2.569856	1.178439
		0,6	1000	104.6667	16.2914	6.424639	1.024829
55,5	20	0,6	200	20.93333	14.7710	1.417183	1.991663
		0,6	400	41.86667	14.7710	2.834366	1.142174
		0,6	1000	104.6667	14.7710	7.085914	1.020321
65,5	30	0,6	200	20.93333	13.6098	1.538108	1.732185
		0,6	400	41.86667	13.6098	3.076215	1.11816
		0,6	1000	104.6667	13.6098	7.690538	1.017199
75,5	40	0,6	200	20.93333	12.6853	1.650195	1.580335
		0,6	400	41.86667	12.6853	3.300390	1.101086
		0,6	1000	104.6667	12.6853	8.250974	1.014908



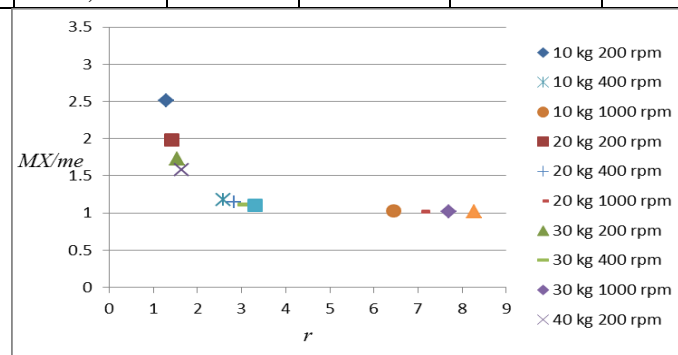
Gambar.6 Grafik hubungan antara amplitudo resonansi dengan rasio frekuensi

Dari grafik diatas diketahui bahwa kondisi yang mendekati resonansi atau nilai rasio frekuensi mendekati 1 adalah saat beban briket arang seberat 10 kg, putaran motor listrik 200 rpm dan nilai amplitudo resonansi sebesar 2.588317, amplitudo sejauh 1,8 mm dengan gaya eksitasi 14,066 N.

c. Analisis Sistem Getaran dengan Massa Eksentrik seberat 0,9 kg

Tabel.3 Sistem getaran dengan massa eksentrik seberat 0,9 kg

Beban Keseluruhan [M] (kg)	Beban Briket Arang (kg)	Massa Eksentrik [m] (kg)	Putaran Motor [n] (RPM)	Kec. Sudut Putar [ω] (rad/s)	Frekuensi Natural [ω _n] (rad/s)	Rasio Frekuensi [r]	$\frac{MX}{me}$
45,5	10	0,9	200	20.93333	16.2388	1.289093	2.511121
		0,9	400	41.86667	16.2388	2.578186	1.177084
		0,9	1000	104.6667	16.2388	6.445464	1.024665
55,5	20	0,9	200	20.93333	14.7318	1.420960	1.981231
		0,9	400	41.86667	14.7318	2.841921	1.141313
		0,9	1000	104.6667	14.7318	7.104802	1.020211
65,5	30	0,9	200	20.93333	13.5790	1.541589	1.726482
		0,9	400	41.86667	13.5790	3.083178	1.117564
		0,9	1000	104.6667	13.5790	7.707944	1.017120
75,5	40	0,9	200	20.93333	12.6604	1.653440	1.576747
		0,9	400	41.86667	12.6604	3.306880	1.100650
		0,9	1000	104.6667	12.6604	8.267200	1.014849



Gambar.7 Grafik hubungan antara amplitudo resonansi dengan rasio frekuensi

Dari grafik diatas diketahui bahwa kondisi yang mendekati resonansi atau nilai rasio frekuensi mendekati 1 adalah saat beban briket arang seberat 10 kg, putaran motor listrik 200 rpm dan nilai amplitudo resonansi sebesar 2.588317, amplitudo sejauh 2,7 mm dengan gaya eksitasi 21,099 N.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada sistem getaran alat pengering tipe rak, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Kondisi sistem getaran yang diperoleh pada beban briket arang tiap 10 kg, 20 kg, 30 kg, dan 40 kg menjelaskan bahwa peningkatan kecepatan putar motor mengakibatkan meningkatnya kecepatan sudut putar/frekuensi eksitasi sistem getaran. Berbanding terbalik dengan amplitudo resonansi yang terus menurun seiring dengan meningkatnya kecepatan putar motor.
- b. Semakin berat massa eksentriknya, maka akan semakin kecil nilai amplitudo resonansinya.
- c. Sistem getaran yang paling mendekati kondisi resonansi terjadi pada beban briket arang 10 kg dengan putaran motor 200 rpm menghasilkan rasio frekuensi sebesar 1,28079.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan penelitian dan makalah ini. Serta terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila yang telah memberikan kepercayaan dan bantuan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewanto, Joni, "Kajian Teoritik Sistem Peredaman Getaran Satu Derajat Kebebasan," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 01, no. 02, pp. 156 - 162, Oktober 1999.
- [2] Firman, La Ode Mohammad, "Pengaruh Getaran dan Energi Panas pada Alat Pengering Surya GHE Tipe Kabinet," Institut Pertanian Bogor, Bogor, Disertasi Doktor 2012.
- [3] Malta, Jhon, "Uji Performance Meja Getar Satu Derajat Kebebasan dengan Metode STFT," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 01, no. 02, pp. 47 - 52, Desember 2004.
- [4] Prasetyo, Eko Teguh Ari, "Dampak Penggunaan Penggetar Terhadap Performansi Alat Pengering Tipe Efek Rumah Kaca," Institut Pertanian Bogor, Bogor, Skripsi Sarjana 2000.
- [5] Thompson, William T., *Theory of Vibration With Applications*, 2nd ed. California, United States of America: Prentice-Hall, Inc, 1981.